

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Návrh řídicího systému mokrý drátotah
Design of a Control System for Wire Production Machine

2013

Jiří Bacík

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Bacík

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2601R004 Měřicí a řídicí technika

Téma:

Návrh řídicího systému mokrý drátotah
Design of a Control System for Wire Production Machine

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor současného stavu řízení mokrého drátotahu.
2. Návrh inovovaného technického řešení řídicího systému mokrého drátotahu.
3. Návrh a realizace řídicí aplikace.
4. Návrh a realizace řídicí aplikace pro operátorský panel.
5. Ověření funkčnosti vytvořeného systému.
6. Zhodnocení výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BERGER, Hans. *Automating with STEP 7 in STL and SCL*. 5th revised and enlarged edition. Erlangen, Germany: Publicis Publishing, 2009. ISBN 978-3-89578-341-8.
- [2] BERGER, Hans. *Automating with SIMATIC*. 4th edition. Erlangen, Germany: Publicis Publishing, 2009. ISBN 978-3-89578-333-3.
- [3] Groß, H.; Hamann, J.; Wiegartner, G. *Electrical Feed Drives in Automation*. Publicis MCD Publishing, Erlangen, Germany, 2009. ISBN 3-89578-148-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 7. května 2013



.....
Jiří Bacík

Poděkování

Tímto bych chtěl srdečně poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc.Ing. Jiřímu Koziorkovi, PhD., za jeho vynaložené úsilí při tvorbě této práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem nového systému řízení pro mokré drátotah. Součástí této práce je rozbor současného systému řízení a následně pak návrh a realizace nového systému řízení. Závěrem této práce je shrnutí dosažených výsledků.

Klíčová slova

Mokré drátotah, Navíjecí zařízení, Řádkovač, Odvíjecí zařízení, Rolka

Abstract

This thesis describes the design of a new management system for wet drawing die. Part of this work is to analyze the current governance system and then to design and implement a new management system. The conclusion of this work is to summarize the results.

Key Words

Wet drawing machine, Spooler, Traverze, Pay-off, Roll

Seznam použitých zkratk a symbolů

DC	- Direct Current - Stejnosměrný elektrický proud
HMI	- Human Machine Interface
Hz	- Hertz – jednotka frekvence
Obr.	- Obrázek
PC	- Personal Computer – Osobní počítač
PLC	- Programmable Logic Controller – programovatelný logický automat
Tab.	- Tabulka
V	- Volt – jednotka elektrického napětí
m	- Metr – jednotka délky
m/s	- Jednotka rychlosti – metry za sekundu
tzv.	- Takzvané
%	- Procento

Obsah

Úvod.....	1
1. Rozbor současného stavu řízení mokrého drátotahu	2
1.1 Odvíjecí zařízení	3
1.2 Drátotah.....	4
1.2.1 Pohon drátotahu	5
1.2.2 Detekce přetržení taženého drátu	5
1.2.3 Měření délky finálního výrobku.....	6
1.2.4 Nožní spínač	6
1.2.5 Ovládací pult	6
1.3 Navíjecí zařízení.....	7
1.3.1 Pohon navíjecího zařízení	8
1.3.2 Řádkovač	8
1.3.3 Transportní stůl	9
1.3.4 Detekce přetržení drátu	9
1.3.5 Ovládací pult	10
1.4 Elektrická výzbroj a výstroj	10
2. Návrh inovovaného technického řešení řídicího systému mokrého drátotahu.....	12
2.1 Návrh PLC	12
2.1.1 Výhody a nevýhody obou PLC	14
2.2 Odvíjecí zařízení	15
2.3 Drátotah.....	15
2.3.1 Pohonu drátotahu	15
2.3.2 Detekce přetržení taženého drátu	16
2.3.3 Měření délky finálního výrobku.....	16
2.3.4 Nožní spínač	16
2.3.5 Ovládací pult	16
2.4 Navíjecí zařízení.....	17
2.4.1 Pohon navíjecího zařízení	17
2.4.2 Pohon řádkovače	18
2.4.3 Transportní stůl	19
2.4.4 Detekce přetržení drátu	19
2.4.5 Ovládací pult	19
2.5 Elektrická výzbroj a výstroj	20
3. Návrh a realizace řídicí aplikace	21
3.1 Seznam digitálních signálů	21
3.1.1 Digitální vstupy	21
3.1.2 Digitální výstupy	22
3.2 Technologické schéma	22
3.3 Konfigurace PLC	23

3.4 Software	24
3.4.1 Hardwarová konfigurace	24
3.4.2 Výpis bloků programu	25
3.4.3 Struktura programu	26
3.4.4 Popis funkčních bloků	26
4. Návrh a realizace řídicí aplikace pro operátorský panel.	28
4.1 Software	28
4.1.1 Operátorské obrazovky	28
4.1.2 Servisní obrazovky	31
5. Ověření funkčnosti vytvořeného systému.	34
5.1 Ovládací pult	35
5.2 Pohon navíjecí zařízení	36
5.3 Pohon řádkovače	37
5.4 Pohon drátotahu	38
5.5 PLC	38
6. Zhodnocení výsledků.	39
Seznam použité literatury	40
Přílohy	41

Úvod

Mokrý drátotah je stroj pro tažení drátu za studena v emulzi. Cílem této bakalářské práce je navržení nového způsobu řízení tohoto stroje. Důvodem úpravy tohoto stroje je jeho vysoká poruchovost, zastaralost řídicích prvků a nedostupnost náhradních dílů.

První kapitola blíže vysvětluje, co to mokrý drátotah je. Dále je zde popsáno z jakých celků se mokrý drátotah skládá. Jednotlivé podkapitoly pak blíže popisují jednotlivé části stroje a stávající způsob řízení.

Druhá kapitola popisuje úpravy jednotlivých částí stroje. Jednotlivých podkapitolách je uvedený rozbor požadavků na nové řízení stroje a následně výběr nových řídicích prvků.

Třetí kapitola se zabývá požadavky na nový řídicí software PLC. Dále je zde výpis hardwarové konfigurace PLC. Jednotlivé podkapitoly pak popisují nový řídicí software. Je zde uvedena hardwarová konfigurace PLC a konfigurace sítě ProfiBus. Následuje výpis programových bloků, jejichž obsah funkce jsou následně popsány.

Čtvrtá kapitola popisuje požadavky na software nově navrženého HMI. Jsou zde popsány požadované funkce, které jsou nutné pro obsluhu stroje. Následuje popis funkce jednotlivých obrazovek.

Pátá kapitola zahrnuje funkční zkoušky celého systému. Jednotlivé podkapitoly, pak blíže popisují funkční zkoušky na jednotlivých částech stroje.

1. Rozbor současného stavu řízení mokrého drátotahu

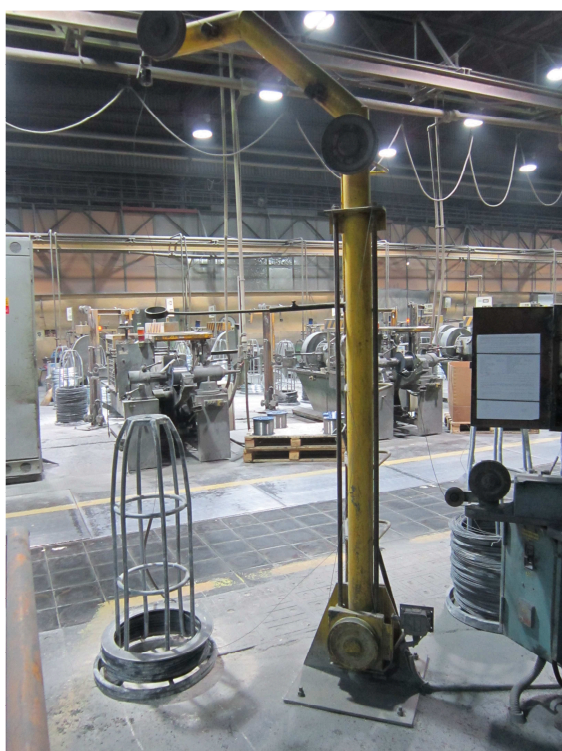
Mokrý drátotah je složen z několika hlavních částí. První je stojan, ze kterého se odvíjí zpracováváný drát do stroje. Dále následuje drátotah složený z vany s emulzí, převodovkou, tažnými pásky a průvlaky ponořených v emulzi. Z drátotahu vychází drát na finální válec a pak pokračuje na navíjecí zařízení, kde se drát navíjí na cívky. Hlavní rozvaděč je připevněn na zadní části stroje.



Obr.1 Mokrý drátotah

1.1 Odvíjecí zařízení

Zpracovávaný drát je odvíjený ze stojanu přes dvě rolky, umístěné na šibenici. Horní rolka je na šibenici uchycená napevno a spodní rolka je uchycená na vodících tyčích a je pohyblivá ve vertikálním směru. Provozní poloha (úplně dole) spodní rolky je snímána koncovým vypínačem (*Obr.3*). Celá šibenice slouží jako akumulátor zpracovávaného drátu. Tato akumulace je nutná při zauzlení odvíjeného drátu ze stojanu. V případě, že k tomuto dojde, spodní rolka začne stoupat směrem nahoru a tím se uvolní koncový vypínač. Signál z koncového vypínače je přiveden na digitální vstup PLC, které vyhodnotí zauzlení drátu a zastaví stroj.



Obr.2 Odvíjecí zařízení



Obr.3 Spodní rolka a koncový vypínač

1.2 Drátotah

Pohon drátotahu zajišťuje jeden motor. Ten je spojen přes řemeny s hlavní převodovkou. Z převodovky vychází čtyři hřídele vertikálně a jedna hřídel horizontálně. Na vertikálních hřídelích jsou umístěny tažné pásy o rozdílných průměrech. Mezi tažnými pásy jsou umístěny držáky a v nich vložené průvlaký (Obr.5). Převodovkou a tažnými pásy je stroj mechanicky zpřevodovaný tak, aby při postupném natahování drátu v průvlecích docházelo k postupnému zvyšování tažné rychlosti. S horizontální hřídelí je řemeny spojený finální válec. Drátotah je dále vybaven zařízením pro detekci přetržení drátu, rolkou pro měření délky finálního výrobku, nožním spínačem a ovládacím pultem.



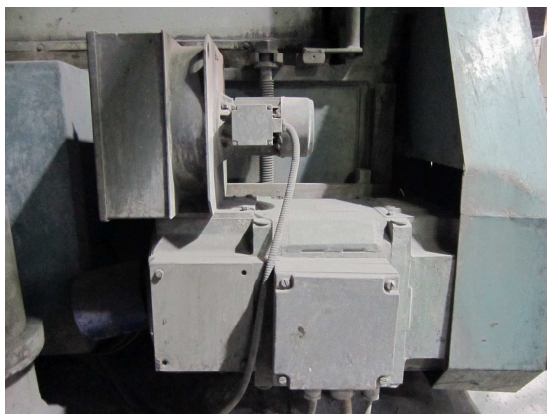
Obr.4 Drátotah



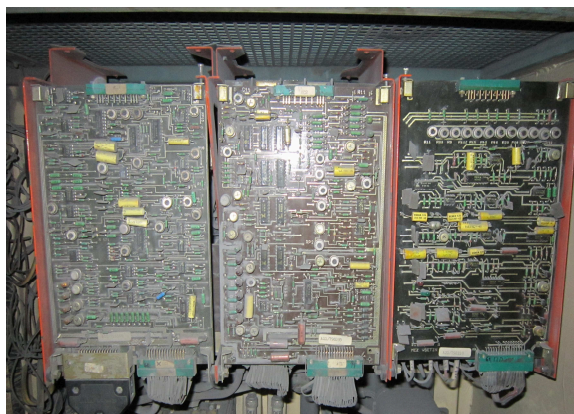
Obr.5 Tažné pásy a držáky průvlaků

1.2.1 Pohon drátotahu

Drátotah pohání jeden stejnosměrný motor s cizím buzením a externím ventilátorem (*Obr.6*). Motor je řízen stejnosměrným měničem a budičem FORMIC (*Obr.7*) a to v otáčkovém režimu řízení se zpětnou vazbou z tachodynamu. Měnič je v nereverzačním zapojení. Ovládání a monitorování stavu kotevního měniče zajišťuje PLC pomocí digitálních signálů. Žádanou hodnotu otáček řídí PLC pomocí analogového výstupu 0-10V. Hodnota kotevního proudu je z analogového výstupu měniče přivedená na ručičkový voltmetr, který je umístěný na ovládacím panelu. Budicí proud motoru je nastaven na konstantní hodnotu servisními trimry přímo na budiči.



Obr.6 Motor drátotahu



Obr.7 Měnič a budič formic

1.2.2 Detekce přetržení taženého drátu

Zařízením pro detekci přetržení taženého drátu je rolka u vstupu taženého drátu do drátotahu (*Obr.8*). S touto rolkou je spojeno tachodynamo. Pokud je vše v pořádku, pak tažený drát roztáčí rolku s tachodynamem, které produkuje napětí. Toto napětí je snímáno analogovým vstupem PLC. Pokud dojde k přetržení drátu, rolka se přestane otáčet a tachodynamo přestane produkovat napětí. Tím klesne napětí na analogovém vstupu pod nastavenou hranici, PLC vyhodnotí přetržení drátu a zastaví stroj.



Obr.8 Rolka pro detekci přetržení drátu

1.2.3 Měření délky finálního výrobku

Měření délky finálního výrobku zajišťuje kalibrovaná měřicí rolka (*Obr.9*). Na měřicí rolce jsou zespodu instalovány čepy, které zajišťují, při otáčení rolky, pulzy pro indukční snímač, který je umístěn pod rolkou. Pulzy z indukčního snímače jsou přivedeny na vstup digitálního počítadla umístěného v ovládacím pultu. Pulzy jsou pro přepočet na metry, digitálním počítadlem vynásobeny nastaveným koeficientem. Na digitálním počítadle obsluha stroje nastavuje požadovaný počet metrů finálního výrobku. Pokud se nastavená délka rovná skutečně naměřené, pošle digitální počítadlo signál do digitálního vstupu PLC a to zastaví stroj.



Obr.9 Měřicí rolka

1.2.4 Nožní spínač

Nožní spínač používá obsluha při zatahování taženého drátu do stroje. Při sešlápnutí nožního spínače se drátotah uvede do provozu na tzv. tipovací rychlost. Po uvolnění nožního spínače se stroj okamžitě zastaví.

1.2.5 Ovládací pult

Ovládací pult slouží k ovládání drátotahu (*Obr.10*). Na tomto pultu je umístěno tlačítko pro vypnutí hlavního vypínače, tlačítko nouzového zastavení, tlačítka pro uvedení stroje do provozu a stopu, tlačítka pro nastavení tažné rychlosti, tlačítka pro zvedání a spouštění tažných pásků, tlačítko pro nulování poruch a vypínač navíjecího zařízení. Dále jsou zde dva ručičkové voltmetry. Jeden cejkovaný v m/s a slouží pro zobrazení skutečné tažné rychlosti a druhý je cejkovaný v ampérech a slouží pro zobrazení proudu kotvy pohonu drátotahu. Nahoře rozvaděče je instalovaný oranžový majáček, který signalizuje navinutí požadované délky.



Obr.10 Ovládací pult

1.3 Navíjecí zařízení

Pohonem navíjecího zařízení je jeden motor. Ten je spojený přes ozubený řemen s unáščem cívky. Unášče jsou brzděny elektromagnetickou brzdou. Pro plynulý návin taženého drátu na cívce, je navíjecí zařízení doplněno řádkovačem. Pro snadné vyjmutí plné cívky z navíjecího zařízení slouží transportní stůl, pohyblivý vertikálním směrem. Transportní stůl je umístěn pod cívku. Navíjecí zařízení je také vybaveno zařízením pro detekci přetržení taženého drátu. Dále je zde umístěn ovládací pult.



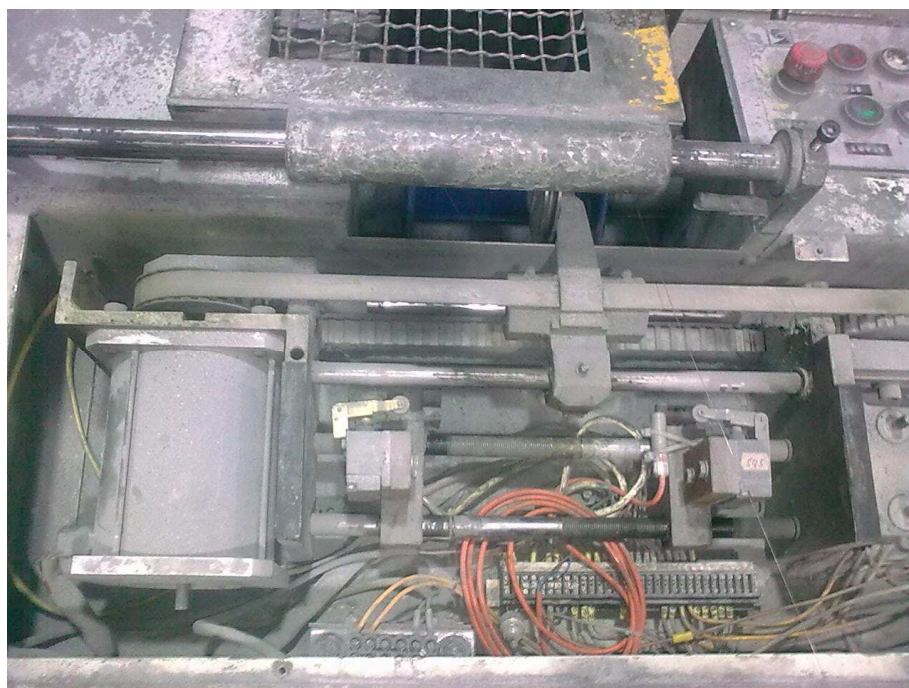
Obr.11 Navíjecí zařízení

1.3.1 Pohon navíjecího zařízení

Navíjecí zařízení pohání jeden stejnosměrný motor s cizím buzením a externím ventilátorem. Motor je řízen stejnosměrným měničem a budičem FORMIC a to v momentovém řízení bez zpětné vazby. Měnič je v nereverzačním zapojení. Ovládání a monitorování stavu kotevního měniče zajišťuje PLC pomocí digitálních signálů. Žádanou hodnotu momentu řídí PLC pomocí analogového výstupu 0-10V. Budicí proud motoru je nastaven na konstantní hodnotu servisními trimry přímo na budiči.

1.3.2 Řádkovač

Pro plynulý návín taženého drátu na cívce, je zařízení doplněno řádkovačem. Řádkovač je zařízení složené z krokového motoru, ze dvou ozubených kol a jednoho ozubeného řemene. K řemenu je připevněn jezdec, který je vedený dvěma kolejnicemi a pohyblivý horizontálním směrem. Na jezdcí je upevněná rolka. Tím, že se při navíjení taženého drátu jezdec s rolkou střídavě pohybuje vlevo a vpravo nad navíjenou cívkou, dochází k stejnoměrnému návínu. Pro změnu směru otáčení motoru jsou pod jezdcem umístěné nastavitelné indukční snímače, které slouží jako elektronické mezní polohy. V případě, že by došlo k poruše jednoho ze snímačů a tím k přejetí jezdcí za indukční snímač, jsou v krajních polohách umístěné havarijní koncové vypínače. Krokový motor který je řízen generátorem pulzů. Ovládání a monitorování stavu generátoru zajišťuje PLC pomocí digitálních signálů. Žádanou hodnotu otáček řídí PLC pomocí analogového výstupu 0-10V.



Obr.12 Řádkovač

1.3.3 Transportní stůl

Toto zařízení umožňuje obsluhu stroje vyjmoutí plné cívky. Obsluha stroje zvedne, při zastaveném stroji, transportní stůl do horní polohy, dále uvolní unášče cívky a cívka zůstane ležet ve transportním stole. Pak obsluha spustí transportní stůl do dolní polohy (až na zem), kde cívku snadno odkutálí. Pohonem tohoto transportního stolu je jeden asynchronní motor, který není řízen měničem, ale pouze dvěma stykači pro přepínání směru otáčení.

1.3.4 Detekce přetržení drátu

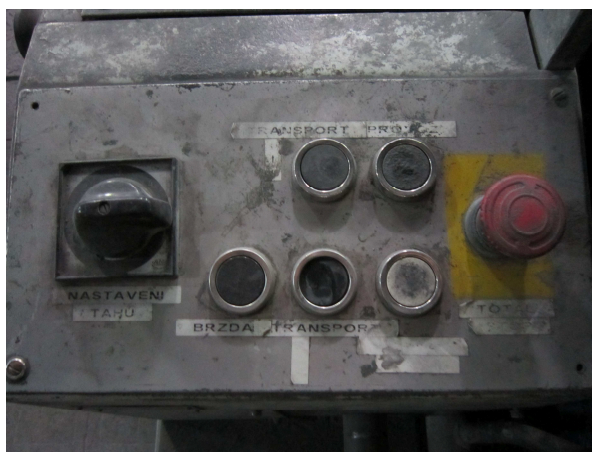
Zařízením pro detekci přetržení taženého drátu je rolka umístěná u vstupu taženého drátu do navíjecího zařízení. S touto rolkou je spojeno tachodynamo. Pokud je vše v pořádku, pak tažený drát roztáčí rolku s tachodynamem, které produkuje napětí. Toto napětí je snímáno analogovým vstupem PLC. Pokud dojde k přetržení drátu, rolka se přestane otáčet a tachodynamo přestane produkovat napětí. Tím klesne napětí na analogovém vstupu pod nastavenou hranici, PLC vyhodnotí přetržení drátu a zastaví stroj.



Obr.13 Detekce přetržení drátu

1.3.5 Ovládací pult

Ovládací pult slouží k ovládání navíjecího zařízení. Na tomto pultu jsou umístěny tlačítka pro zavadání a spouštění transportního stolu, tlačítko nouzového zastavení, tlačítka pro uvedení stroje do provozu a stopu, pětipólový přepínač pro nastavení síly tahu a tlačítko pro odbrzdění cívky.

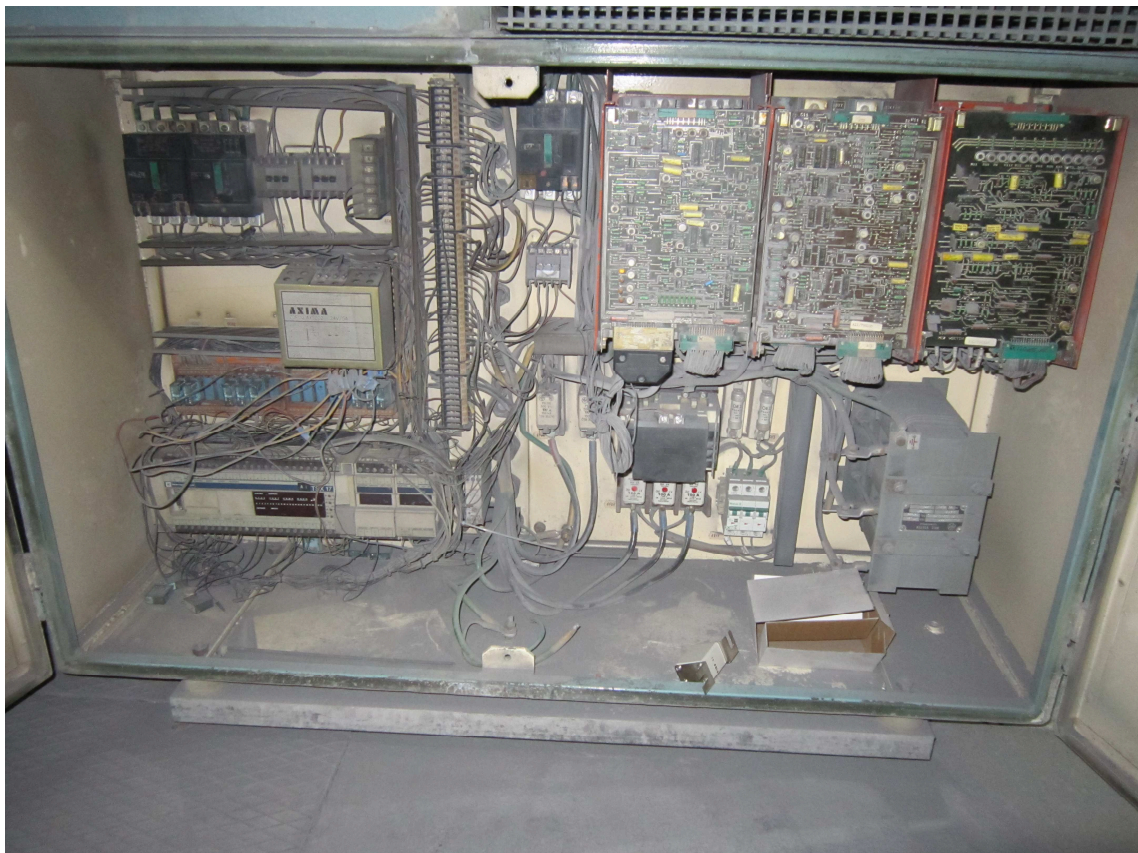


Obr.14 Ovládací pult

1.4 Elektrická výzbroj a výstroj

Elektrická výzbroj a výstroj je rozmístěná do dvou oceloplechových rozvaděčů a část je umístěná v navíjecím zařízení. Jeden rozvaděč je umístěný zleva na drátotahu. V rozvaděči je umístěn hlavní vypínač, zdroje napětí a pojistky. Hlavní rozvaděč (*Obr.15*) je umístěn zezadu na drátotahu. V tomto rozvaděči je umístěno PLC, měnič a budič pohonu drátotahu, pomocné

relátka, stykače a motorové spouštěče. Tento rozvaděč je chlazen externím ventilátorem. Instalované PLC je Telemecanique TSX17 PLC má 16 digitálních vstupů a 24 digitálních výstupů, 4 analogové vstupy a 4 analogové výstupy. V navíjecím zařízení je umístěn měnič a budič pohonu navíjecího zařízení a generátor pulzů pro krokový motor řádkovače. Pro ochranu zdraví jsou na stroji instalovány červené tlačítka s funkcí nouzového stopu. V případě stlačení vypínají relé a to dává signál do PLC a to okamžitě zastavuje stroj. Dále je finální válec a navíjecí zařízení opatřeno ochrannými kryty s koncovými vypínači a jejich signál je zaveden do PLC. V případě otevření krytu za chodu stroje dojde k okamžitému zastavení stroje.



Obr.15 Hlavní rozvaděč

2. Návrh inovovaného technického řešení řídicího systému mokrého drátotahu

2.1 Návrh PLC

Navrhovaný řídicí systém musí umět

- Zpracovat vstupní digitální signály
 - Bezpečnostní signály
 - Vybavení relé nouzového zastavení
 - Otevření krytu finálního tažného válce
 - Otevření krytu navíjecího zařízení
 - Poruchové signály
 - Vybavení motorového spouštěče ventilátoru pohonu drátotahu
 - Vybavení motorového spouštěče ventilátoru finálního tažného válce
 - Vybavení motorového spouštěče motoru stolu zvedání válců
 - Vybavení motorového spouštěče motoru stolu navíjecího zařízení
 - Přehřátí motoru hlavního pohonu
 - Přehřátí skříně rozvaděče
 - Přehřátí motoru navíjecího zařízení
 - Přetržení drátu u vstupu do drátotahu
 - Přetržení drátu na navíjecím zařízení
 - Zauzlení drátu na odvíjecím zařízení
 - Signály koncových vypínačů
 - Stůl válců nahoře
 - Stůl válců dole
 - Stůl navíjecího zařízení nahoře
 - Stůl navíjecího zařízení dole
 - Výchozí pozice Řádkovače
 - Ovládací signály
 - Start stroje z drátotahu
 - Stop stroje z drátotahu
 - Start stroje z navíjecího zařízení
 - Stop stroje z navíjecího zařízení
 - Tipování stroje
 - Stůl válců nahoru
 - Stůl válců dolů
 - Stůl navíjecího zařízení nahoru
 - Stůl navíjecího zařízení dolů
 - Přepínání provozu drátotahu s navíjecím zařízením a bez něj

- Odbrzdní cívky ve stopu stroje
- Nulování navinuté délky
- Zpracovat výstupní digitální signály
 - Ovládací signály
 - Vyresetování relé nouzového zastavení
 - Zapnutí relé ovládání
 - Zapnutí stykače motoru ventilátoru finálního válce
 - Zapnutí stykače motoru stolu válců – směr nahoru
 - Zapnutí stykače motoru stolu válců – směr dolů
 - Zapnutí stykače motoru stolu navíjecího zařízení – směr nahoru
 - Zapnutí stykače motoru stolu navíjecího zařízení – směr dolů
 - Hardwarové odblokování měniče pohonu drátotahu
 - Hardwarové odblokování měniče pohonu navíjecího zařízení
 - Hardwarové odblokování měniče pohonu řádkovače
 - Odbrzdní cívky
 - Zapnutí chlazení rozvaděče
 - Sdělovací signály
 - Signalizace dosažené délky
 - Signalizace poruchy stroje
 - Signalizace vybavení relé nouzového zastavení
- Zpracovat vysokorychlostní digitální signál z měřicí rolky délky navinovaného drátu
 - Frekvence tohoto signálu je 55Hz
- Komunikovat se všemi měniči pomocí nejrozšířenější sběrnice ProfiBus a to protože většina předních výrobců tento protokol podporují
 - Pomocí této sběrnice bude
 - Zapisováno do měničů řídicí slovo
 - Vyčítáno z měničů stavové slovo
 - Zapisováno do měničů slovo s žádanou rychlostí (momentu)
 - Vyčítáno z měničů slovo s aktuálními hodnotami motoru
- Komunikovat pomocí sběrnice Ethernet
 - Pomocí této sběrnice bude
 - Probíhat komunikace s HMI
 - Probíhat komunikace s PC

Na dnešním trhu je široká škála výrobců PLC. V této práci byl výběr zúžen pouze na dva nejznámější výrobce a to je Allen-Bradley a SIEMENS.

Protože řízení tohoto stroje není příliš náročné, postačí PLC z nižší řady těchto výrobců. Allen-Bradley – Micrologix1500 (*Obr.16a*) nebo SIEMENS - IM151-8 PN/DP (*Obr.16b*) Oba tyto PLC stanovené požadavky, po doplnění rozšiřovacích modulů, spolehlivě splní.

Při porovnávání parametrů jednotlivých PLC bylo použito katalogových listů výrobců: [7] Rockwell Automation, Inc. *Micro1500.pdf* a [8] Siemens AG, Automation and Drives. *Produkt data sheet 6ES7151-8AB01-0AB0*.



Obr.16a Micrologix1500



Obr.16b IM151-8 PN/DP

2.1.1 Výhody a nevýhody obou PLC

Allen-Bradley – Micrologix1500

VÝHODY

- Integrovaný vysokorychlostní čítač

NEVÝHODY

- Nelze dělat úpravy programu v On-line režimu
- Neintegrovaný Ethernetový port
- Komunikace PC – PLC pouze po sériové lince

SIEMENS - IM151-8 PN/DP

VÝHODY

- Možnost dělat úpravy v On-line režimu
- Integrovaný Ethernetový switch
- Komunikace PC - PLC pomocí Ethernet
- Snadné dokoupení karty pro komunikaci po sběrnici ProfiBus

NEVÝHODY

- Neintegrovaný vysokorychlostní čítač

Po zvážení všech výhod a nevýhod obou PLC, bylo vybráno SIEMENS - IM151-8 PN/DP.

2.2 Odvíjecí zařízení

Celé zařízení neprojde žádnou úpravou, jelikož jeho dosavadní funkce je dostačující a spolehlivá.

2.3 Drátotah

2.3.1 Pohonu drátotahu

Stávající DC motor drátotahu bylo zprvu zamýšleno nahradit asynchronním motorem a to především z důvodu že stroj se nachází v prašném provozu a jelikož chlazení DC motoru je zajišťováno vháněním vzduchu skrz vinutí a kartáče, dochází k zanesení motoru prachem a následným spálením vinutí. Po zjištění rozměrů asynchronního motoru bylo z tohoto upuštěno, protože rozměry byly příliš odlišné a na stávající místo by se nevešel. Jako opatření proti přehřátí bude do stávajícího DC motoru doplněno teplotní čidlo.

Řízení bude zajišťovat nový DC měnič.

Požadavky na řízení pohonu

- DC měnič s integrovaným budičem
- Možnost komunikace po sběrnici ProfiBus
- Řízení pohonu v otáčkovém režimu
- Vstup pro vyhodnocování zpětné vazby otáček z tachodynamu

Na dnešním trhu je široká škála výrobců měničů pro DC motory. V této práci byl výběr zúžen pouze na dva nejznámější výrobce a to je Allen-Bradley (PowerFlex DC - *Obr.17a*) a SIEMENS (SINAMICS DC - *Obr.17b*). Oba tyto výrobky stanovené požadavky splňují.

Byl vybrán měnič Allen-Bradley PowerFlex DC.

Důvody této volby

- Nízká cena
- Dlouholetá zkušenost s těmito měniči
- Několikaletý bezproblémový provoz v našem podniku
- Náhradní měniče k dispozici na podnikovém skladu
- Agregátní údržba je proškolená z obsluhy těchto měničů
- Snadné a přehledné parametrování



Obr.17a PowerFlex DC



Obr.17b SINAMICS DC

2.3.2 Detekce přetržení taženého drátu

Toto zařízení se upraví tak, že se z rolky demontuje tachodynamo. Rolka bude doplněna ze spodní strany jedním čepem. Za rolkou bude instalovaný indukční snímač, který bude posílat impulzy do digitálního vstupu PLC. V případě, že dojde k přetržení drátu, rolka se přestane otáčet a tím se změní perioda vysílaných pulzů a PLC vyhodnotí přetržení taženého drátu.

Tato úprava byla zvolena z důvodu spolehlivější funkce a nižších pořizovacích nákladů, v případě poruchy, na indukční snímač oproti tachodynamu.

2.3.3 Měření délky finálního výrobku

Měření délky finálního výrobku bude nadále zajišťovat kalibrovaná měřicí rolka a indukční snímač. Pulzy z indukčního snímače již nebudou zavedeny do digitálního počítadla, ale do PLC do karty vysokorychlostního čítače. Zobrazení a zadávání délky finálního výrobku bude na novém HMI.

Toto řešení bylo zvoleno z důvodu zjednodušení ovládání stroje.

2.3.4 Nožní spínač

Nožní spínač neprojde žádnou úpravou, jelikož jeho dosavadní funkce je dostačující a spolehlivá.

2.3.5 Ovládací pult

Ovládací pult bude ze stroje odstraněn a to z důvodu nadbytečnosti. Místo něho se na stroj nainstaluje pouze tlačítková krabice s pěti pozicemi. Zůstanou pouze tlačítka pro uvedení stroje do provozu a do stopu, tlačítka pro zvedání a spouštění tažných pásek a tlačítko nouzového zastavení. Odstraněné komponenty nahradí vizualizace v HMI. Demontovaný majáček nahradí

nový majáček připevněný na tyčovém podstavci. Bude mít dvě barvy, oranžovou pro signalizaci najeté délky a červenou pro signalizování poruchy.

2.4 Navíjecí zařízení

2.4.1 Pohon navíjecího zařízení

Stávající DC pohon navíjecího zařízení bude nahrazen asynchronním motorem s vlastním chlazením a inkrementálním snímačem. Tato výměna je nutná, protože nevlastníme náhradní stávající motor a náklady na opravy jsou příliš vysoké. Další velkou nevýhodou je, že stroj se nachází v prašném provozu a jelikož chlazení DC motoru je zajišťováno vháněním vzduchu skrz vinutí a kartáče, dochází k zanesení motoru prachem a následným spálením vinutí. Zatím co chlazení asynchronního motoru probíhá prouděním vzduchu po obalu.

Řízení bude zajišťovat frekvenční měnič.

Požadavky na řízení pohonu

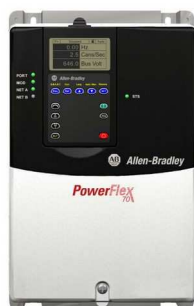
- Frekvenční měnič
- Možnost komunikace po sběrnici ProfiBus
- Řízení pohonu v momentovém režimu
- Vstup pro vyhodnocování zpětné vazby otáček z inkrementálního snímače

Na dnešním trhu je široká škála výrobců frekvenčních měničů pro asynchronní motory. V této práci byl výběr zúžen pouze na dva nejznámější výrobce a to je Allen-Bradley (PowerFlex 70 - *Obr.18a*) a SIEMENS (SINAMICS G120 - *Obr.18b*). Oba tyto výrobky stanovené požadavky splňují.

Byl vybrán měnič měnič Allen-Bradley PowerFlex 70.

Důvody mé volby

- Nízká cena
- Dlouholetá zkušenost s těmito měniči
- Několikaletý bezproblémový provoz v našem podniku
- Náhradní měniče k dispozici na podnikovém skladu
- Agregátní údržba je proškolená z obsluhy těchto měničů
- Snadné a přehledné parametrování



Obr.18a PowerFlex 70



Obr.18b SINAMICS G120

2.4.2 Pohon řádkovače

Stávající krokový motor bude nahrazen servopohonem. Tato výměna je nutná, protože nevlastníme náhradní krokový motor a nový již nelze sehnat.

Řízení bude zajišťovat servozesilovač.

Požadavky na řízení řádkovače

- Servopohon s brzdou
- Možnost komunikace se servozesilovačem po sběrnici ProfiBus
- Možnost monitorování aktuální polohy
- Řízení v otáčkovém režimu

Na dnešním trhu je široká škála výrobců servomotorů v různých modifikacích. V naší firmě se již dlouhou dobu používají servomotory od tehdejšího výrobce Seidel. Dnes se prodávají pod značkou TG Drive. Nikdy nebyl s těmito servomotory nejmenší problém. Nebyl tedy důvod rozhodnout se jinak než pro výrobce TG Drive. Navíc tento výrobce splňoval veškeré požadavky požadavky.

Podle původního krokového motoru byl vybrán servomotor s brzdou TG Drive TGN3-0205-30-560/T1PBS4 (*Obr.19a*) a k němu nejvhodnější servozesilovač TG Drive TGA341 (*Obr.19b*).

Servomotor se namontuje místo stávajícího krokového motoru. Zbytek mechanického provedení zůstane stávající. Jeden indukční snímač bude odstraněn a druhý bude použit pouze jako výchozí poloha jezdce. Havarijní koncové vypínače budou odstraněny. Funkce mezních poloh bude nahrazena zpětnou vazbou z resolveru, kterou bude vyčítat PLC. Mezní polohy se budou zadávat z HMI.



Obr.19a Servomotor



Obr.19b Servozesilovač

2.4.3 Transportní stůl

Celé zařízení neprojde žádnou úpravou, jelikož jeho dosavadní funkce je dostačující a spolehlivá.

2.4.4 Detekce přetržení drátu

Rolka z navíjecího zařízení bude demontována a její funkci nahradí mosazná deska odizolovaná od kostry stroje a umístěná bude za navíjenou cívku. Masa mosazné desky bude přivedena na vstup PLC. Pokud dojde k přetržení drátu, utržený konec drátu se otáčením cívky bude dotýkat mosazné desky a tím ji přiosťří. PLC následně vyhodnotí přetržení drátu. Pro tuto úpravu jsem se rozhodl z důvodu jednodušší konstrukce a větší spolehlivosti.

2.4.5 Ovládací pult

Na ovládacím pultu budou umístěna tlačítka pro uvedení stroje do provozu a stopu, tlačítko pro odbrzdění cívky, tlačítko pro nulování navinuté délky, přepínač pro ovládání transportního stolu, přepínač jednotlivě společně a tlačítko nouzového vypnutí. Dále zde přibude HMI.

Požadavky na HMI

- Barevný dotykový display
- Komunikace pomocí Ethernetu
- Web rozhraní

Jelikož se již několik let v naší firmě používají HMI SchneiderElectric a také protože splňují stanovené požadavky, nebyl důvod hledat něco jiného.

Proto byl vybrán panel HMIS5T (*Obr.20*)



Obr.20 Schneider-electric HMIS5T

2.5 Elektrická výzbroj a výstroj

Elektrická výzbroj a výstroj bude rozmístěná pouze ve dvou nových oceloplechových rozváděčích. Rozvaděč umístěný zleva na drátotahu bude vybaven stejnými novými komponenty jako stávající rozvaděč. Hlavní rozvaděč bude umístěn jako stávající. Do tohoto rozvaděče budou umístěny všechny komponenty jako ve stávajícím a k nim přibudou ještě komponenty doposud umístěné v navíjecím zařízení. Celý rozvaděč bude chlazen výměníkem voda/vzduch od firmy Rittal (*Obr.21*).



Obr.21 Rittal – výměník voda-vzduch

3. Návrh a realizace řídicí aplikace

Jelikož je PLC výrobkem SIEMENS řady S7, bude celý aplikační software zpracován v prostředí SIMATIC Step7.

PLC bude

- Zpracovávat 30 vstupních digitálních signálů
- Zpracovávat 15 výstupních digitálních signálů
- Zpracovávat 1 vysokorychlostní digitální signál
- Řídit a ovládat měnič motoru drátotahu
- Řídit a ovládat měnič motoru navíjecího zařízení
- Řídit a ovládat servozesilovač servomotoru řádkovače

3.1 Seznam digitálních signálů

3.1.1 Digitální vstupy

Adresa	Symbol
I0.0	Total stop - KN1
I0.1	Mototrový spouštěč ventilátoru pohonu - QM1.2
I0.2	Mototrový spouštěč ventilátoru válce - QM4
I0.3	Motorový spouštěč stolu válců - QM5
I0.4	Motorový spouštěč stolu cívkovačky - QM6
I0.5	Teplota motoru pohonu - KT1
I0.6	Teplota rozvaděče - QT1
I0.7	Tipování - SQN1
I1.0	Start na stroji - SB1
I1.1	Stop na stroji - SB2
I1.2	Stůl válců nahoru - SA3
I1.3	Stůl válců dolů - SA3
I1.4	Stůl válců nahoře - SQH2
I1.5	Stůl válců dole - SQD3
I1.6	Hašple - SQHA4
I1.7	Přetržení drátu stroj - SQPV5
I2.0	Kryt válce - SQKD6
I2.1	Start na cívkovače - SB11
I2.2	Stop na cívkovače - SB12
I2.3	Stůl cívkovačky nahoru - SA13
I2.4	Stůl cívkovačky dolů - SA13
I2.5	Jednotlivě/Společně - SA14
I2.6	Odbrzdit cívku - SBHL15
I2.7	Nulování délky - SBHL16
I3.0	Teplota motoru cívkovačky - KT2
I3.1	Stůl cívky nahoře - SQH11
I3.2	Stůl cívky dole - SQD12
I3.3	Kryt cívky - SQKD13
I3.4	Výchozí pozice ukladače - SQVP14
I3.5	Přetržení drátu cívky - KT3

Tab.1 Seznam digitálních vstupů

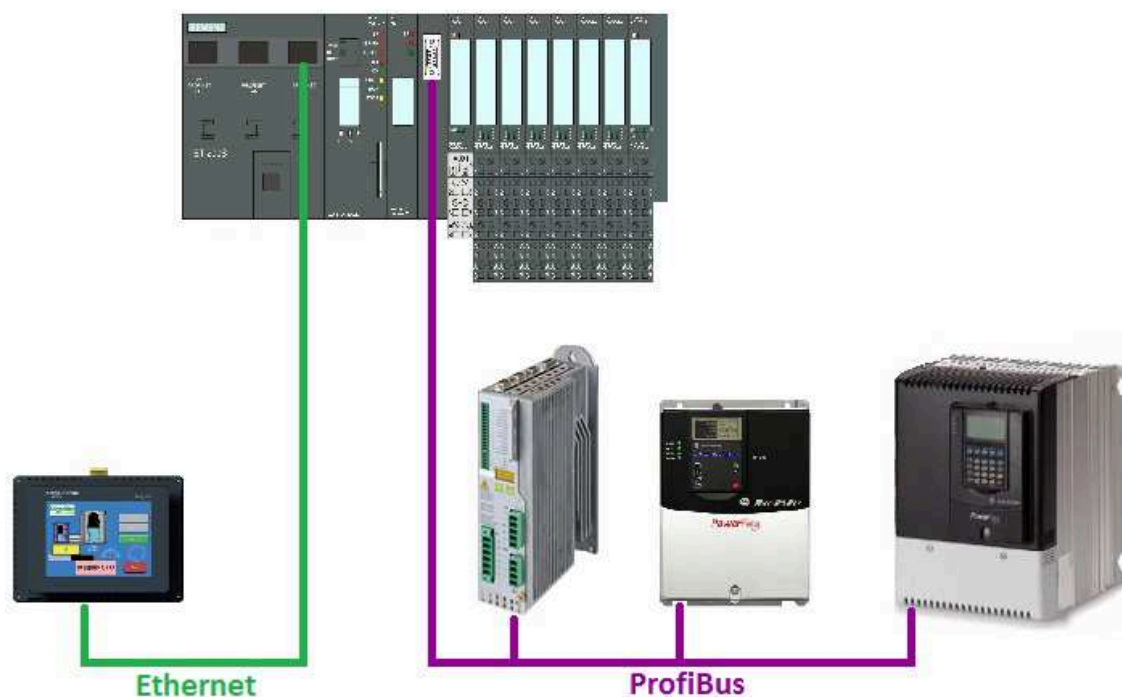
3.1.2 Digitální výstupy

Adresa	Symbol
Q0.0	Ovládání - KA1
Q0.1	Reset total stopu - KA01
Q0.2	Stykač motoru ventilátoru válce - KA2
Q0.3	Stykač motoru stolu válců nahoru - KA3
Q0.4	Stykač motoru stolu válců dolů - KA4
Q0.5	Stykač motoru stolu cívkovačky nahoru - KA5
Q0.6	Stykač motoru stolu cívkovačky dolů - KA6
Q0.7	Pohon drátotahu odblokován - KA7
Q1.0	Pohon cívkovačky odblokován
Q1.1	Pohon ukladače odblokován
Q1.2	Brzda cívky - KA8
Q1.3	Dosažená délka - SBHL16
Q1.5	Zapnutí chlazení rozvaděče - KT4
Q1.6	Maják oranžová barva - HL1
Q1.7	Maják červená barva - HL2

Tab.2 Seznam digitálních výstupů

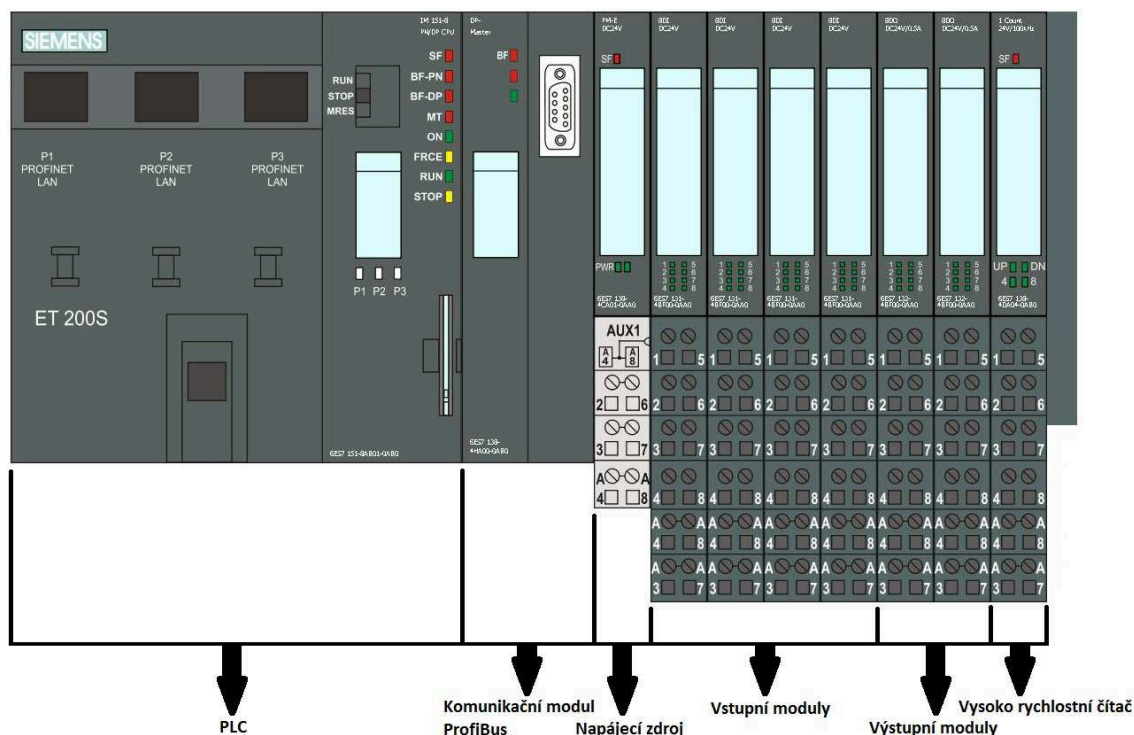
3.2 Technologické schéma

Na obrázku níže (Obr.22) je znázorněno zapojení komunikačních sítí.



Obr.22 Technologické schéma

3.3 Konfigurace PLC



Obr.23 Konfigurace PLC

Objednací číslo	Popis	ks
6ES7131-4BF00-0AA0	Vstupní karta pro ET 200S, 8x digitální vstup 24VDC, 10mA	4
6ES7132-4BF00-0AA0	Výstupní karta pro ET 200S, 8x digitální výstup, 24VDC, 5mA	2
6ES7138-4DA04-0AB0	Čítací modul pro ET 200S, 24VDC/100kHz, 10mA	1
6ES7193-4JA00-0AA0	Kryt, 1 modul pro ET 200S	1
6ES7138-4CA01-0AA0	Napájecí modul PM-E pro ET 200S, 24VDC s diagnostikou, 4mA	1
6ES7151-8AB01-0AB0	PLC pro modulární stanice ET 200S, 192kB RAM, IM 151-8 PN/DP CPU, Ethernet. 3xRJ45	1
6ES7193-4CE00-0AA0	Napájecí modul, sběrnice TM-P15S23-A1, 2x2 bez prop. na AUX1, AUX1 průchozí, šroubovací	1
6ES7138-4HA00-0AB0	Komunikační rozhraní Profibus DP master	1
6ES7193-4CA40-0AA0	Sběrnice modul TM-E15S26-A1, 2x6 propojení na AUX1, AUX1 průchozí, šroubovací	8
6ES7953-8LL20-0AA0	Paměťová karta, 2MB NFLASH, micro memory pro Simatic S7-300/ET200	1

Tab.3 Seznam komponentů PLC

3.4 Software

Po zapnutí hlavního vypínače stroje, dojde k zapnutí napájecích zdrojů, které zásobují elektrickou energií celou výzbroj a výstroj rozvaděče stroje. Po nastartování PLC, HMI a všech měničů je nutné vyresetování relé nouzového zastavení. Dále je nutné zapnout ovládání stroje. Poté PLC provede test stroje a pokud je vše v pořádku spustí se inicializace řádkovače.

V případě, že tomu tak není, dojde k zablokování stroje a vyhlášení příslušné poruchy a to až do odstranění a vyresetování dané poruchy. Po inicializaci řádkovače přejde stroj do stavu připravenosti k zapnutí.

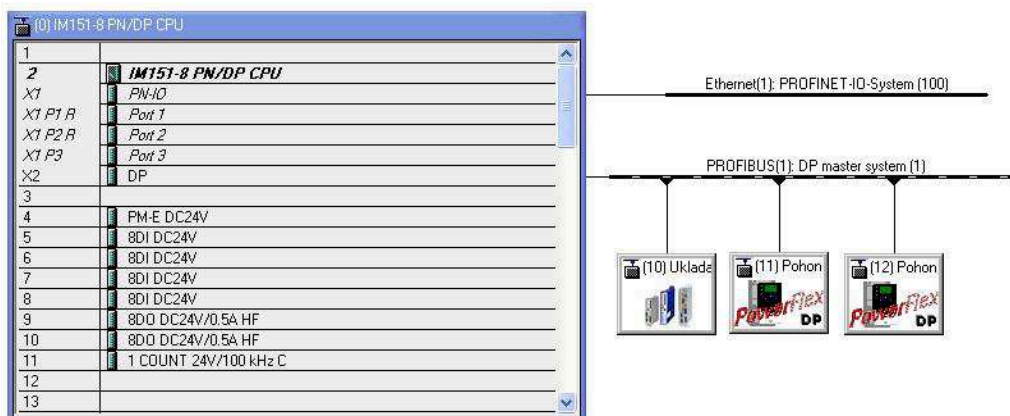
Stiskem tlačítka *Start* se drátotah uvede do pohybu. Drátotah se plynule rozjíždí po rampě až po dosažení požadované rychlosti otáček. Pokud je navolený režim *Společně*, dojde k plynulému rozjezdu i navíjecího zařízení a řádkovače. Tlačítkem *Stop* začne drátotah plynule po rampě zastavovat.

Pokud se v průběhu provozu vyskytne některá z poruch, dojde k plynulému zastavení celého stroje. V případě, že se vyskytne nějaká porucha na měniči drátotahu nebo navíjecího zařízení, dojde k okamžitému zastavení stroje. Taktéž je tomu v případě, že dojde k otevření některého z ochranných krytů drátotahu nebo přetržení drátu. Po odstranění a vyresetování dané poruchy, přejde stroj do stavu připravenosti k opětovnému zapnutí.

Pokud se během provozu zauzlí drát na odvíjecím zařízení, dojde k rychlému zastavení stroje.

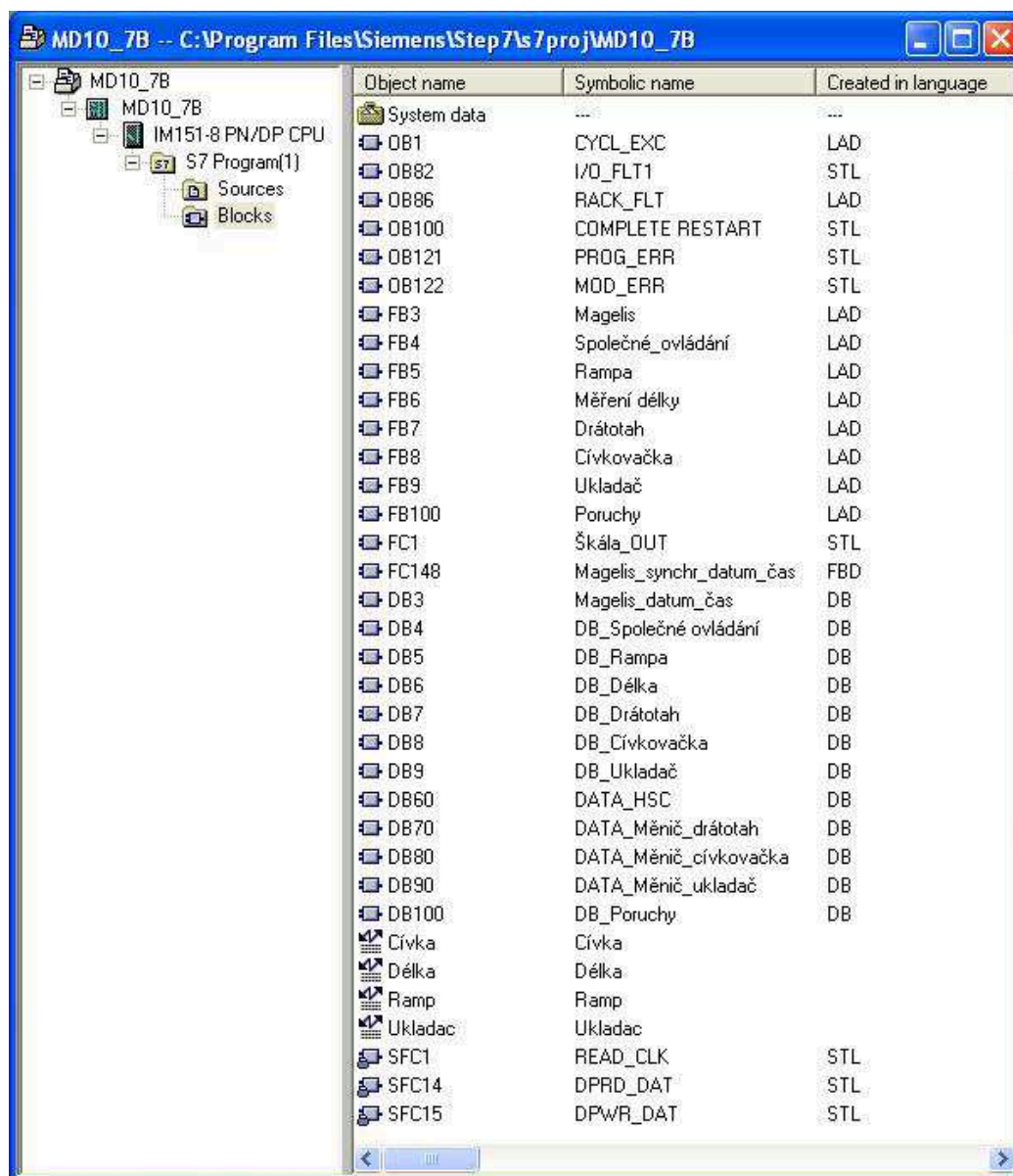
Ovládání zvedání stolu válců nebo stolu navíjecího zařízení je povoleno pouze tehdy, pokud je stroj ve stopu.

3.4.1 Hardwarová konfigurace



Obr.24 Hardwarová konfigurace

3.4.2 Výpis bloků programu



Object name	Symbolic name	Created in language
System data
OB1	CYCL_EXC	LAD
OB82	I/O_FLT1	STL
OB86	RACK_FLT	LAD
OB100	COMPLETE RESTART	STL
OB121	PROG_ERR	STL
OB122	MOD_ERR	STL
FB3	Magelis	LAD
FB4	Společné_ovládání	LAD
FB5	Rampa	LAD
FB6	Měření_délky	LAD
FB7	Drátotah	LAD
FB8	Cívkovačka	LAD
FB9	Ukladač	LAD
FB100	Poruchy	LAD
FC1	Škála_OUT	STL
FC148	Magelis_synchr_datum_čas	FBD
DB3	Magelis_datum_čas	DB
DB4	DB_Společné_ovládání	DB
DB5	DB_Rampa	DB
DB6	DB_Délka	DB
DB7	DB_Drátotah	DB
DB8	DB_Cívkovačka	DB
DB9	DB_Ukladač	DB
DB60	DATA_HSC	DB
DB70	DATA_Měnič_drátotah	DB
DB80	DATA_Měnič_cívkovačka	DB
DB90	DATA_Měnič_ukladač	DB
DB100	DB_Poruchy	DB
Cívka	Cívka	
Délka	Délka	
Ramp	Ramp	
Ukladač	Ukladač	
SFC1	READ_CLK	STL
SFC14	DPRD_DAT	STL
SFC15	DPWR_DAT	STL

Obr.25 Výpis bloků programu

3.4.3 Struktura programu

S7 Program(1) (Program structure) -- MD10_7BWD10_7BVM151-8 PN/DP CPU

Go To: OB1 (CYCL_EXC)

Block(symbol), Instance DB(symbol)	Local	Langua	Location	Local data (for blocks)
S7 Program				
OB1 (CYCL_EXC) [maximum: 7B+40]	[26]			[26]
FB3 (Magelis), DB3 (Magelis_datum_čas)	[40]	LAD	NW 2	[14]
FC148 (Magelis_synchr_datum_čas)	[60]	LAD	NW 1	[20]
SFC1 (READ_CLK)	[60]	STL	NW 1	Sta ... [0]
FB4 (Společné_ovládání), DB4 (DB_Společné_ovládání)	[34]	LAD	NW 3	[8]
FB5 (Rampa), DB5 (DB_Rampa)	[68]	LAD	NW 5	[34]
FC1 (Skála_OUT)	[68]	LAD	NW 1	[0]
FC1 (Skála_OUT)	[68]	LAD	NW 9	[0]
FB6 (Měření_délky), DB6 (DB_Délka)	[66]	LAD	NW 6	[32]
DB60 (DATA_HSC)	[66]	STL	NW 1	Sta ... [0]
FB7 (Drátotah), DB7 (DB_Drátotah)	[52]	LAD	NW 7	[18]
DB70 (DATA_Měnič_drátotah)	[52]	STL	NW 1	Sta ... [0]
FC1 (Skála_OUT)	[52]	LAD	NW 8	[0]
FB8 (Cívkovačka), DB8 (DB_Cívkovačka)	[56]	LAD	NW 8	[22]
DB80 (DATA_Měnič_cívkovačka)	[56]	STL	NW 1	Sta ... [0]
FC1 (Skála_OUT)	[56]	LAD	NW 9	[0]
FB9 (Ukladač), DB9 (DB_Ukladač)	[78]	LAD	NW 9	[44]
SFC14 (DPRD_DAT)	[78]	LAD	NW 1	[0]
SFC14 (DPRD_DAT), DB90 (DATA_Měnič_ukladač)	[78]	LAD	NW 1	[0]
FC1 (Skála_OUT)	[78]	LAD	NW 18	[0]
FC1 (Skála_OUT)	[78]	LAD	NW 19	[0]
SFC15 (DPWR_DAT)	[78]	LAD	NW 22	[0]
SFC15 (DPWR_DAT)	[78]	LAD	NW 22	[0]
FB100 (Poruchy), DB100 (DB_Poruchy)	[34]	LAD	NW 10	[0]
OB82 (I/O_FLT1)	[20]			[20]
OB86 (RACK_FLT)	[20]			[20]
OB100 (COMPLETE RESTART)	[20]			[20]
DB9 (DB_Ukladač)	[20]	STL	NW 1	Sta ... [0]
DB6 (DB_Délka)	[20]	STL	NW 1	Sta ... [0]
OB121 (PROG_ERR)	[20]			[20]
OB122 (MOD_ERR)	[20]			[20]

Obr.26 Struktura programu

3.4.4 Popis funkčních bloků

- **OB1** - Zde jsou volány funkční bloky FB3 a FB4
- **FB3** - Zde je volána funkce FC148. K funkčnímu bloku FB3 se pojí data blok DB3. Funkční blok FB3 je použit pro synchronizaci času PLC → HMI
- **FC148** – Zde je volána funkce SFC1 pro vyčtení data a času z PLC.
- **FB4** - Zde je vytvořena logika ovládání celého stroje. Dále jsou v tomto bloku volány funkční bloky FB5, FB6, FB7, FB8, FB9, FB100.
- **FB5** - Tento blok je použit jako zdroj žádané hodnoty pro drátotah. Je zde vytvořená rampa pro plynulý rozběh a zastavení stroje. K funkčnímu bloku FB5 se pojí data blok DB5.
- **FB6** – Zde je realizováno vyčtení stavového slova z karty vysokorychlostního čítače a zápis řídicího slova do karty vysokorychlostního čítače. Vyčtená a zapisována data jsou uložena v data bloku DB60. Dále je zde realizován přepočet načtených pulzů na skutečnou délku. K funkčnímu bloku FB6 se pojí data blok DB6.
- **FB7** – Zde je realizováno vyčtení stavového slova z měniče pohonu drátotahu a zápis řídicího slova do měniče pohonu drátotahu. Vyčtená a zapisována data jsou uložena v data bloku DB70. Dále jsou zde realizovány podmínky zapnutí motoru. K funkčnímu bloku FB7 se pojí data blok DB7.

- **FB8** - Zde je realizováno vyčtení stavového slova z měniče pohonu drátotahu a zápis řídicího slova do měniče pohonu drátotahu. Vyčtená a zapisována data jsou uložena v data bloku DB80. Dále jsou zde realizovány podmínky zapnutí motoru a přepínání momentu motoru. K funkčnímu bloku FB8 se pojí data blok DB80.
- **FB9** - Zde je realizováno vyčtení stavového slova z servozesilovače pohonu řádkovače a zápis řídicího slova do servozesilovače pohonu řádkovače. Vyčtená a zapisována data jsou uložena v data bloku DB90. Dále je zde realizovaná inicializace řádkovače po zapnutí stroje a logika pro zapnutí pohonu. K funkčnímu bloku FB9 se pojí data blok DB90.
- **FB100** – Zde je realizována kontrola stroje a vyhlášení případných poruch. K funkčnímu bloku FB100 se pojí data blok DB100.
- **OB100** – Tento organizační blok je použit pro přednastavení podmínek při startu PLC.
- **OB82, OB86, OB121, OB122** – Tyto bloky jsou použity, aby nedošlo k zastavení PLC při poruše hardwaru.

4. Návrh a realizace řídicí aplikace pro operátorský panel.

Jelikož se jedná o výrobek Schneider-electric, bude celá aplikace zpracována v programu Vijeo Designer.

Požadavky na aplikaci z hlediska obsluhy

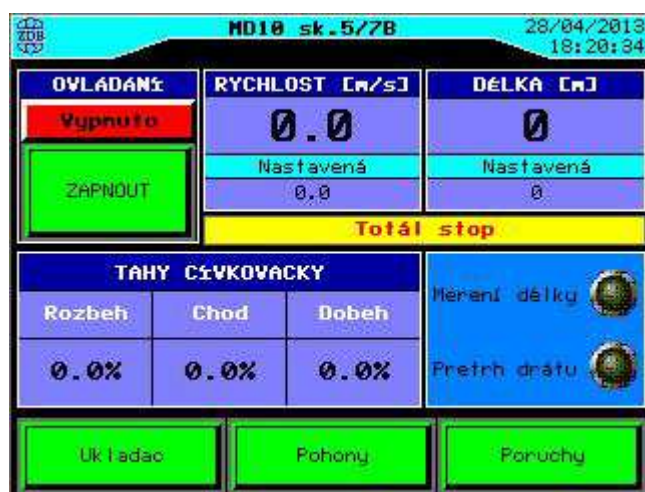
- Nastavení rychlosti drátotahu v m/s
- Zobrazení aktuální rychlosti v m/s
- Nastavení požadované délky finálního výrobku v m
- Zobrazení aktuálně navinuté délky v m
- Zapnutí a vypnutí ovládání
- Zobrazení aktuálního stavu drátotahu
- Zadávání tahu navíjecího zařízení v %
- Zapnutí a vypnutí měření délky
- Zapnutí a vypnutí hlídání přetržení
- Nastavení mezních poloh řádkovače v mm
- Nastavení rychlosti řádkovače v %

Požadavky na aplikaci z hlediska údržby

- Zobrazení poruch
- Zobrazení aktuálních hodnot pohonů drátotahu a navíjecího zařízení
- Nastavení rychlosti rozběhu
- Nastavení rychlosti doběhu
- Nastavení koeficientu počítadla navinuté délky
- Nastavení parametrů řádkovače

4.1 Software

4.1.1 Operátorské obrazovky



Obr.27 Titulní obrazovka

Po zapnutí napájení HMI se zobrazí titulní obrazovka (Obr.27). Zde obsluha po stisku tlačítka *Zapnout* zapne ovládání. Při opětovné stisku stejného tlačítka ovládání vypne.

Vedle tlačítka ovládání může obsluha vidět v políčku *Rychlost* vidět aktuální a nastavenou rychlost stroje. Při stisku tohoto políčka se obsluha přepne do obrazovky pro nastavení rychlosti drátotahu (Obr.28).



Obr.28 Zadávání rychlosti drátotahu

Na této obrazovce, po stisknutí políčka *Nastavení rychlosti*, může obsluha změnit žádanou rychlost stroje. Při stisku tlačítka *Zpět*, se opět přepne zpět do titulní obrazovky (Obr.27).

Na titulní obrazovce je vedle políčka rychlosti vidět aktuální a nastavenou délku finálního výrobku. Při stisku tohoto políčka se obsluha přepne do obrazovky pro nastavení délky (Obr.29).



Obr.29 Nastavení délky

Na této obrazovce, po stisknutí políčka *Nastavení délky*, může obsluha změnit požadovanou délku. Při stisku tlačítka *Zpět*, se opět přepne zpět do titulní obrazovky (Obr.27).

Na titulní obrazovce je pod políčky *Rychlosti* a *Délky* umístěn statusové okno, ve kterém je vidět aktuální stav stroje. Pod políčkem *Ovládání* jsou vidět nastavené tahy navíjecího

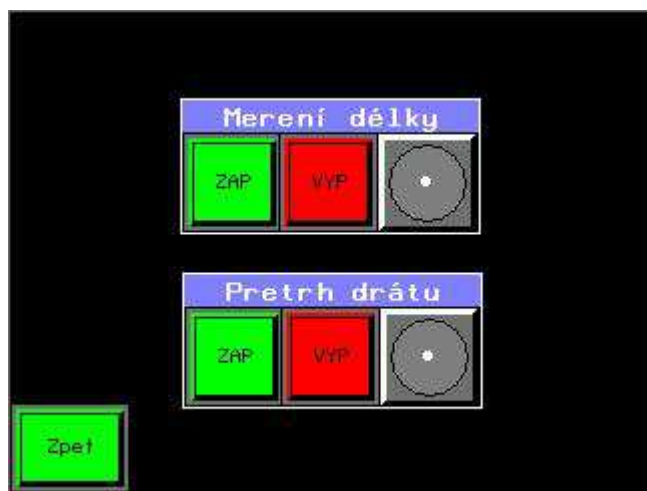
zařízení. Podle stavu stroje (Rozbíhá se - Rozběh , dosáhl požadované rychlosti – Chod, zastavuje – Doběh) je vždy aktivní příslušný příkaz velikosti tahu. Pokud chce obsluha změnit jednotlivé příkazy tahu, klikne do políčka *Tahy cívkovačky* a tím se přepne do okna pro nastavení tahu (*Obr.30*).



Obr.30 Nastavení tahů

Zde obsluha může, po stisku příslušného políčka, změnit nastavení jednotlivých tahů. Tlačítkem *Zpět* se obsluha přepne zpět do titulní obrazovky (*Obr.27*).

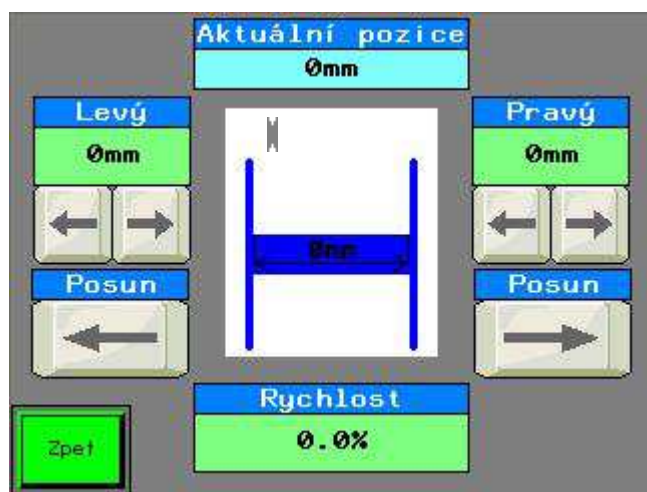
Na titulní obrazovce je vedle políčka *Tahy cívkovačky* je políčko, ve kterém je zobrazeno aktuální stav *Měření délky a Hlídání přetržení*. Pokud příslušná kontrolka svítí zeleně, je daná funkce aktivní a naopak. Pokud obsluha chce danou funkci aktivovat nebo deaktivovat, klikne do tohoto políčka a tím se přepne do obrazovky pro nastavení (*Obr.31*).



Obr.31 Zapnutí a vypnutí funkcí

Zde obsluha může danou funkci aktivovat nebo deaktivovat. Tlačítkem *Zpět* se obsluha přepne zpět do titulní obrazovky (*Obr.27*).

Na titulní obrazovce, ve spodní části, jsou umístěna tři tlačítka. Stiskem tlačítka *Ukladač* se obsluha přepne do obrazovky pro nastavení řádkovače (*Obr.32*).

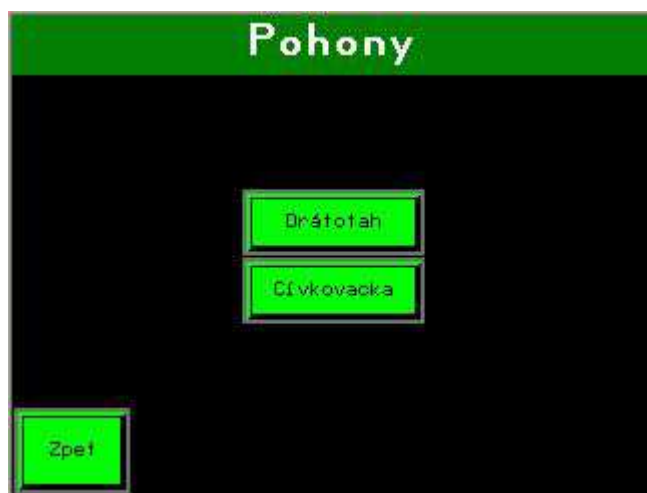


Obr.32 Nastavení ukladače

Na této obrazovce může obsluha měnit levý doraz řádkovače, pravý doraz řádkovače a rychlost řádkovače. Dále je zde vidět aktuální poloha řádkovače a šířka cívky. Tlačítkem *Zpět* se obsluha přepne zpět do titulní obrazovky (Obr.27).

4.1.2 Servisní obrazovky

Po stisku prostředního tlačítka umístěného v dolní části titulní obrazovky se údržba přepne do nabídky (Obr.33), kde se může zvolit, který pohon chce monitorovat.



Obr.33 Výběr pohonu

Stisknutím příslušného tlačítka se údržba přepne do monitorování pohonu drátotahu (Obr.34) nebo pohonu navíjecího zařízení (Obr.35)



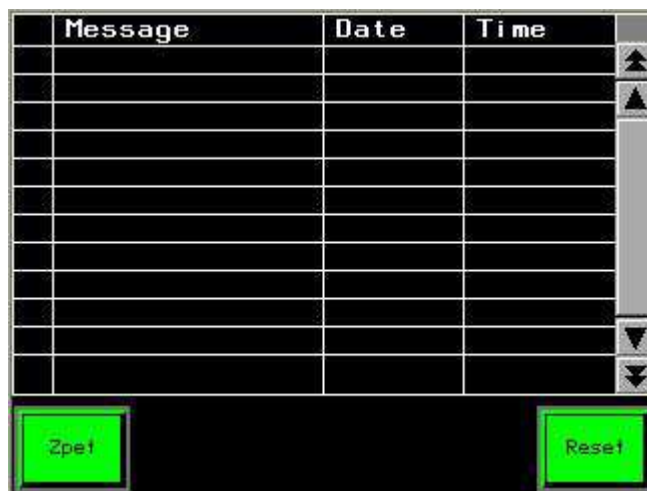
Obr.34 Pohon drátotahu



Obr.34 Pohon navíjecího zařízení

Stisknutím tlačítka *Zpět* dvakrát za sebou, se údržba dostane zpět do titulní obrazovky (Obr.27).

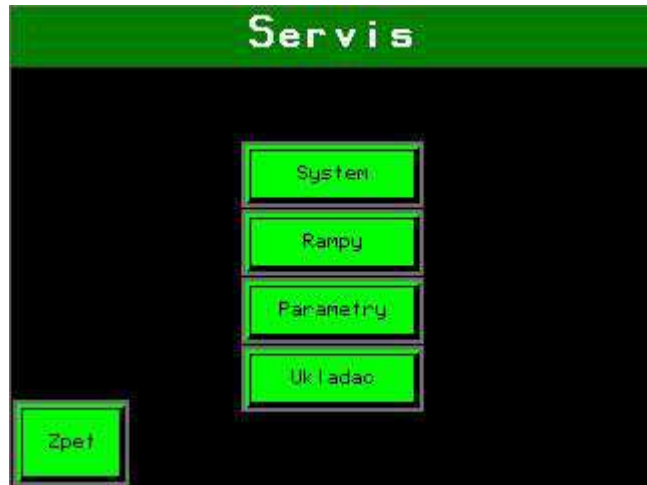
Po stisku pravého tlačítka umístěného v dolní části titulní obrazovky se údržba přepne do Alarm listu (Obr.35).



Obr.35 Alarm list

Zde se zobrazují veškeré alarmy. Trvající jsou označeny červeně a odstraněné zeleně. Stiskem tlačítka *Reset* se kvitují aktivní alarmy. Stiskem tlačítka *Zpět*, se údržba dostane zpět do titulní obrazovky (Obr.27).

Pokud stiskne loga ŽDB tlačítka umístěného v levé horní části titulní obrazovky, bude nejprve údržba vyzvána k zadání uživatelského jména a hesla. Po správném zadání a opětovný stiskem loga ŽDB se údržba přepne do servisní obrazovky (Obr.36).



Obr.36 Servisní obrazovka

Zde může údržba, po stisknutí příslušného tlačítka, měnit servisní hodnoty drátotahu. Stiskem tlačítka *Zpět*, se údržba dostane zpět do titulní obrazovky (Obr.27).

5. Ověření funkčnosti vytvořeného systému.

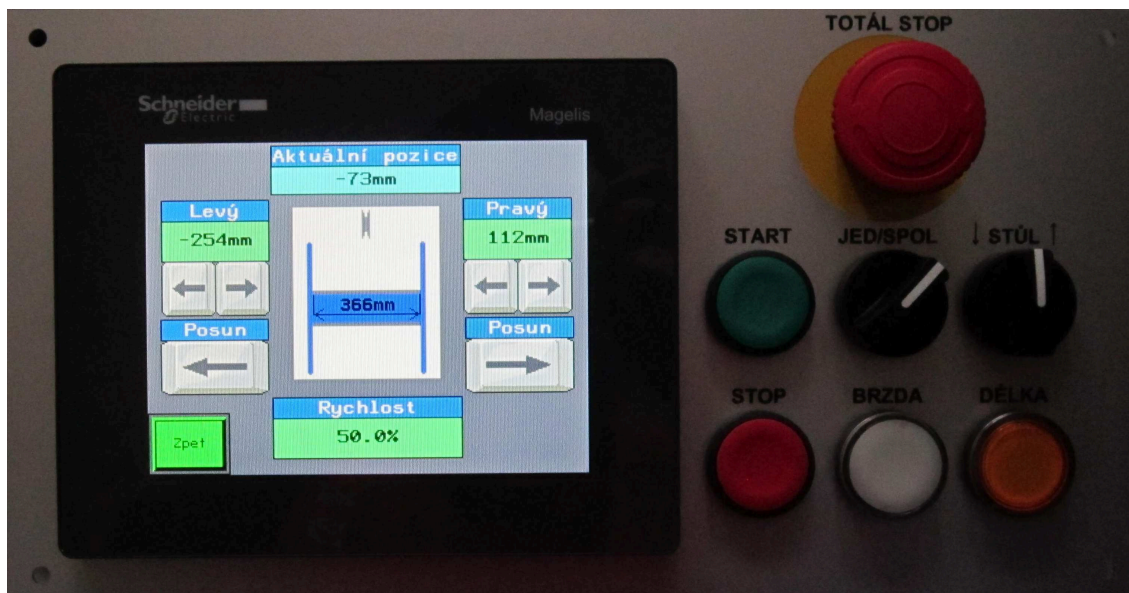
Jelikož došlo, ze strany dodavatel, ke zpoždění dodávky některých objednaných dílů, nebylo možné provést opravu stroje v plánovaném termínu. Funkčnost vytvořené aplikace nebylo tedy možno odzkoušet na skutečném stroji. Aplikaci bylo tedy nutné odladit na testovacím pracovišti. Odladování proběhlo se skutečnými komponenty, které budou použity při opravě stroje (Obr.37).



Obr.37 Funkční celek

5.1 Ovládací pult

Na ovládacím pultu byl odladěn HMI.



Obr.38 Ovládací pult

Na tomto HMI bylo testováno

- Synchronizace času s PLC
- Správnost vyčítání z PLC a zapisování do PLC všech definovaných proměnných
- Funkčnost vyhlašování alarmů
- Funkčnost Web servru

Všechny testy byly úspěšné.

5.2 Pohon navíjecího zařízení

Odladování navíjecího zařízení bylo nutné provést na zkušebním pracovišti se zkušebním motorem, ale s měničem, který je připraven pro opravu stroje.



Obr.39 Pohon navíjecího zařízení

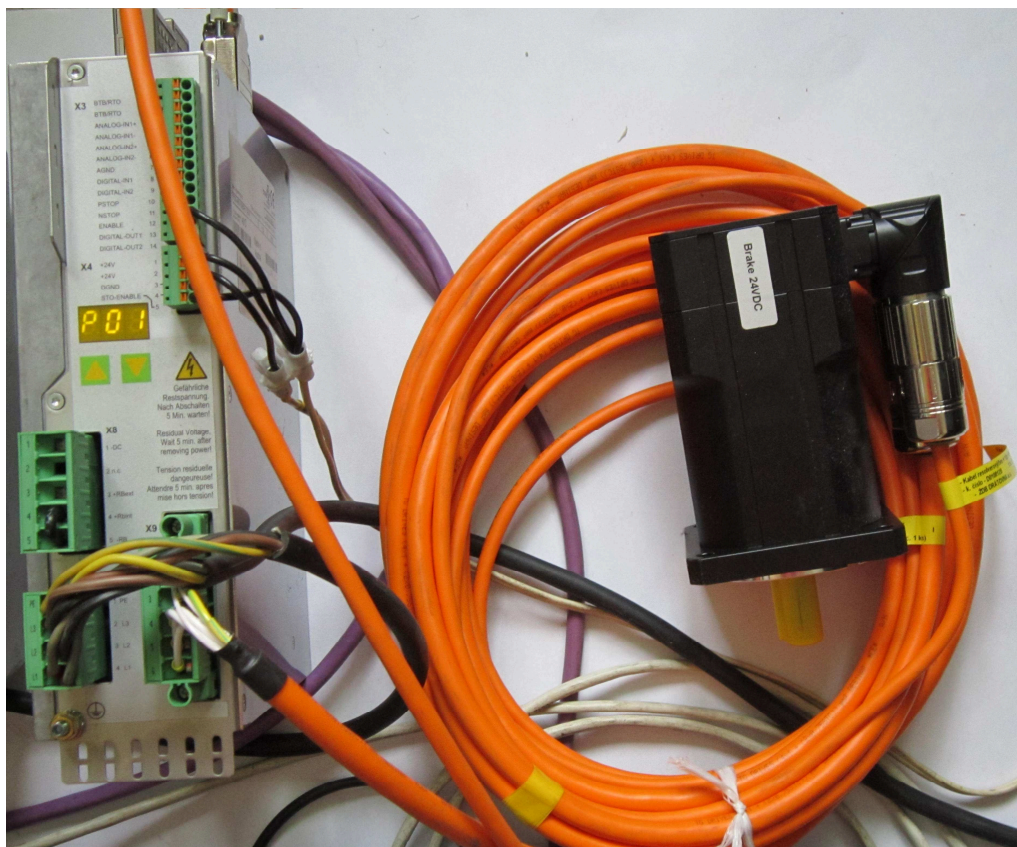
Zde bylo odzkoušeno

- Komunikace přes ProfiBus
- Vyčtení stavového slova
- Zápis řídicího slova
- Vyčtení skutečných otáček
- Zápis příkazu momentu
- Vyčtení poruchového kódu
- Vyčtení proudu motoru
- Vyčtení napětí motoru
- Regulace motoru v momentovém režimu

Při parametrování a oživování bylo postupováno podle uživatelských manuálů [1] Rockwell Automation, Inc. *PowerFlex 70 AC Drive* a [3] Rockwell Automation, Inc. *PowerFlex PROFIBUS Adapter* Všechny testy byly úspěšné.

5.3 Pohon řádkovače

Odlad'ování řádkovače bylo nutné provést na zkušebním pracovišti. Celý pohon bude použit při opravě stroje.



Obr.40 Pohon řádkovače

Zde bylo odzkoušeno

- Komunikace přes Profibus
- Vyčtení stavového slova
- Zápis řídicího slova
- Zápis konfiguračních příkazů
- Zápis příkazu rychlosti
- Vyčtení aktuální pozice
- Zkouška přepínání směrů otáčení podle aktuální polohy servomotoru

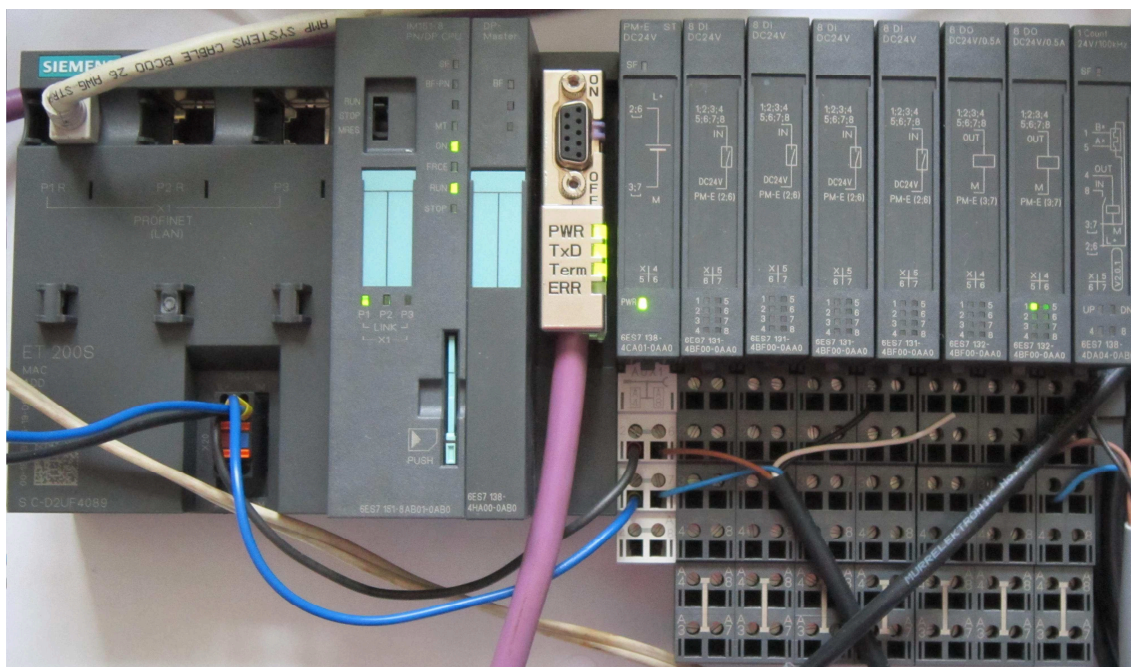
Při parametrování a oživování bylo postupováno podle uživatelských manuálu [4] HESS , Reinhold. *sr300_e.vp* a [5] HESS , Reinhold. *srprof_e.vp*. Všechny testy byly úspěšné.

5.4 Pohon drátotahu

Odzkoušení pohonu drátotahu nebylo možné, protože jsem neměl k dispozici žádný DC pohon. Odladění softwaru bude možné až při samotném rozjždění stroje. S komunikací s měničem by neměl být žádný problém, protože je v měniči použitý stejný komunikační adaptér jako v měniči navíjecího zařízení.

Při parametrování a oživování se bude postupovat podle uživatelských manuálů [2] Rockwell Automation, Inc. *PowerFlex Digital DC Drive, User Manual* a [3] Rockwell Automation, Inc. *PowerFlex PROFIBUS Adapter*

5.5 PLC



Obr.41 PLC

Zde bylo testováno

- Komunikace z HMI
- Komunikace se všemi měniči
- Odzkoušení vstupních modulů
- Odzkoušení výstupních modulů
- Odzkoušení načítání pulzů vysokorychlostním čítačem

Při programování bylo použito literatury [6] *SIMATIC S7-300 A S7-40, Programování pro pokročilé, Temex2008*. Všechny testy byly úspěšné.

6. Zhodnocení výsledků.

Cílem této bakalářské práce bylo navržení nového systému řízení pro mokré drátotah.

Pro řízení celé logiky stroje a zdroje žádaných hodnot bylo navrženo PLC - IM151-8 PN/DP od firmy SIEMENS. K tomuto PLC byly vybrány čtyři vstupní digitální moduly, dva výstupní digitální moduly a jeden modul vysokorychlostního čítače. Tomuto tématu byla věnována kapitola *2.1 Návrh PLC*.

Pro řízení otáček stávajícího DC pohonu byl vybrán měnič PowerFlex DC od firmy Allen-Bradley. Do tohoto měniče byl přidán komunikační modul pro připojení na síť ProfiBus. Tomuto tématu byla věnována kapitola *2.3.1 Pohon drátotahu*.

Pro řízení momentu asynchronního motoru byl vybrán měnič PowerFlex 70 od firmy Allen-Bradley. Do tohoto měniče byl přidán komunikační modul pro připojení na síť ProfiBus. Tomuto tématu byla věnována kapitola *2.4.1 Pohon navíjecího zařízení*.

Jako pohon řádkovače byl vybrán servomotor TG Drive TGN3-0205-30-560/T1PBS4 a servozesilovač TG Drive TGA341. Tomuto tématu byla věnována kapitola *2.4.2 Řádkovač*.

Jako ovládací panel byl zvolen HMIS5T od firmy Schneider-electric. Tomuto tématu byla věnována kapitola *2.4.5 Ovládací pult*.

Zda-li tato oprava přinese očekávané výsledky, ukáže až dlouhodobé provozování tohoto stroje. Již teď lze z jistoty říct, že touto opravou lze zajistit, na dostatečně dlouhou dobu, dostupnost náhradních dílů, které v současném stavu již nejsou. Tedy pokud se touto opravou poruchovost nesníží, lze alespoň případnou poruchu rychle a spolehlivě odstranit.

Seznam použité literatury

- [1] Rockwell Automation, Inc. *PowerFlex 70 AC Drive* [online]. c2009, poslední revize 11.2.2010 [cit. 2013-4-20]. Dostupné z: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/20a-um001_-en-p.pdf
- [2] Rockwell Automation, Inc. *PowerFlex Digital DC Drive, User Manual* [online]. c2013, poslední revize 18.2.2013 [cit. 2013-4-20]. Dostupné z: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/20p-um001_-en-p.pdf
- [3] Rockwell Automation, Inc. *PowerFlex PROFIBUS Adapter* [online]. c2001, poslední revize 5.8.2009 [cit. 2013-4-20]. Dostupné z: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/20comm-um006_-en-p.pdf
- [4] HESS , Reinhold. *sr300_e.vp* [online]. c2012, poslední revize 15.8.2012 [cit. 2013-4-20]. Dostupné z: http://www.kollmorgen.com/en-gb/products/drives/servo/s300/_manuals/kollmorgen-s300-servo-drive-manual-hwr04.00-en-uk-rev06-2012/
- [5] HESS , Reinhold. *srprof_e.vp* [online]. c2010, poslední revize 22.11.2010 [cit. 2013-4-20]. Dostupné z: http://www.kollmorgen.com/en-gb/products/drives/servo/s300/_manuals/kollmorgen-s300-s400-s600-s700-servo-drive-profibus-communication_manual_en-uk_rev12-2/
- [6] *SIMATIC S7-300 A S7-400 Programování pro pokročilé*. Ostrava: TEMEX spol s.r.o., 2008. 98s.
- [7] Rockwell Automation, Inc. *Micro1500.pdf* [online]. c2001, poslední revize 30.8.2001 [cit. 2013-4-20]. Dostupné z: http://www.controltech.cz/images/data/automatizacni_technika/micrologix_1500/micro1500.pdf
- [8] Siemens AG, Automation and Drives. *Produkt data sheet 6ES7151-8AB01-0AB0* [online]. c2013, poslední revize 6.5.2013 [cit. 2013-4-20]. Dostupné z: https://eb.automation.siemens.com/DatasheetService/DatasheetService?control=%3C%3Fxml+version%3D%221.0%22+encoding%3D%22UTF-8%22%3F%3E%3Cpdf_generator_control%3E%3Cmode%3EPDF%3C%2Fmode%3E%3Cpdmsystem%3EPMD%3C%2Fpdmsystem%3E%3Ctemplate_selection+mlfb%3D%226ES7151-8AB01-0AB0%22+system%3D%22PRODIS%22%2F%3E%3Clanguage%3Een%3C%2Flanguage%3E%3Ccaller%3EMall%3C%2Fcaller%3E%3C%2Fpdf_generator_control%3E

Přílohy

Příloha I – Elektronická příloha na CD

Obsah:

- S-5587_0 – Projektová dokumentace
- PLC – Záloha softwaru PLC
- HMI – Záloha softwaru HMI
- PowerFlex 70 – Manuál k měniči
- PowerFlex DC – Manuál k měniči
- Kollmorgen S300 Servo Drive Profibus adapter – Manuál ke komunikačnímu adaptéru
- Kollmorgen S300 Servo Drive – Manuál k servozesilovači
- PowerFlex Profibus adapter – Manuál ke komunikačnímu adaptéru